4E

УДК 004.93

А.А. Егоров, Л.Г. Ахметшина
Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина
akhmlu@mail.ru, egorov@mayak.dp.ua

Повышение достоверности цветопередачи в методике обработки мультиспектральных изображений

В данной статье предложена модифицированная методика автоматизированного повышения яркости и контраста мультиспектральных изображений, которая, благодаря своей адаптивности, может быть применена для обработки широкого спектра снимков и позволяет сохранять цветовое соответствие с исходным изображением. Представлены экспериментальные результаты применения предложенной методики для обработки полутоновой фотографии и медицинского RGB снимка.

Введение

В процессе решения многих реальных задач возникает необходимость в обработке изображений, которая должна выполняться в автоматизированном режиме. При этом их можно разбить на две группы: задачи, не требующие сохранения фотографического качества изображений, и задачи, для которых важно сохранить как фотографическое качество, так и цветовое соответствие с исходным изображением. К первой группе могут быть отнесены задачи, связанные с распознаванием регистрационных символов в системах реального времени, создание медицинских экспертных систем и т.п. Ко второй группе задач можно отнести обработку фотографий, цветных медицинских снимков и т.д.

Автоматизированная обработка изображений при решении задач, относящихся к обеим группам, усложняется тем, что из-за изменяющихся условий съемки некоторые из обрабатываемых изображений могут оказаться «темными» и содержащими низкоконтрастные области.

Кроме того, применяемые алгоритмы должны иметь малое число управляющих параметров, требующих «ручной» подстройки, что упрощает решение поставленной задачи даже в случаях, когда автоматизированная обработка не является основным требованием.

Особый интерес представляют алгоритмы, которые обеспечивают сохранение фотографического качества и цветового соответствия с исходным изображением, т.к. они могут быть применены для решения задач, относящихся к обеим группам.

Постановка задачи

Большинство существующих алгоритмов повышения яркости и контраста [1], [2] либо не справляются с поставленной задачей, либо имеют большое количество управляющих параметров, требующих «ручной» подстройки под конкретное изображение, что в случае изменяющихся условий съемки приводит к необходимости их длительного подбора и, соответственно, полностью непригодно при автоматизированной обработке.

В работе [3] была рассмотрена методика автоматизированного повышения яркости и контраста, которая удовлетворяла вышеперечисленным требованиям, обеспечивая при этом, как правило, сохранение цветового соответствия с исходным изображением. Однако эта методика имела ряд недостатков: автоматизированная оценка яркости производилась на основе статистических характеристик всего изображения, что не позволяло учесть особенности его различных фрагментов; повышение яркости в зависимости от значения ее автоматизированной оценки могло производиться не для всех цветовых каналов изображения, что в некоторых случаях приводило к нарушению баланса цветов; применение метода адаптивной гистограммной коррекции для некоторых изображений могло приводить к нарушению баланса цветов; не выполнялась оценка уровня контраста, на основании которой принималось бы решение о необходимости применения метода адаптивного пространственного контрастирования; необходимость «ручного» задания параметра P_{add}^{0} в методе адаптивного пространственного контрастирования; наличие «граничного» эффекта на стыке между соседними окнами в применяемых в методике алгоритмах.

Целью данной работы является исправление вышеупомянутых недостатков, присущих методике автоматизированного повышения яркости и контраста, для чего были внесены изменения как во все алгоритмы, лежащие в ее основе, так и в способ их совместного применения.

Решение задачи

Для повышения яркости и контраста в предлагаемой методике используются адаптивные алгоритмы, которые могут быть применены для широкого класса цветных фотографических изображений и обеспечивают сохранение цветового соответствия и баланса цветов по сравнению с входным изображением. При обработке изображение разбивается на неперекрывающиеся окна, что позволяет повысить чувствительность при определении низкоконтрастных участков и приводит к более низким вычислительным затратам по сравнению с использованием перекрывающихся окон. Для применения всех нижеперечисленных алгоритмов необходимо выполнить отображение диапазона уровней яркости каждого цветового канала исходного изображения на отрезок [0..1].

Метод адаптивного повышения яркости обеспечивает автоматизированное принятие решения о необходимости ее повышения. Суть метода заключается в автоматизированном пропорциональном повышении яркости изображения, которое достигается благодаря использованию степенных преобразований и статистических характеристик как изображения в целом, так и каждого его окна. Предложенный метод состоит из пяти шагов, которые выполняются над каждым цветовым каналом исходного изображения.

1. На первом шаге производится автоматизированная оценка яркости (V) каждого цветового канала исходного изображения, выполняемая следующим образом:

$$V = \sum_{j=1}^{N_w} \left((I)^{1-v_j} - (I)^{\frac{\overline{i_j}+I}{2}} \right), \qquad (1)$$

$$I = \frac{(\overline{I} + 0,5)}{2}, \qquad (2)$$

где $\overline{i_j}$ – средняя яркость j-го окна выбранного цветового канала; N_w – количество окон, которое зависит от размеров окна и изображения (рекомендуется выбирать 3x3 пик-

селей); $\overline{I}$ – средний уровень яркости выбранного цветового канала, а v_j – оценка уровня яркости *j*-го окна выбранного цветового канала, вычисление которой происходит следующим образом:

– если количество пикселей N_{i1} *j*-го окна выбранного цветового канала, уровень яркости которых не меньше, чем i_j, больше 0 и $i_j^1 \neq 0$, то v_j вычисляется по следующим формулам:

$$v_j = (i_j)^{\left(1 - sgn\left(i_j^1 - i_j^2\right) * \frac{min\left(i_j^1, i_j^2\right) * \overline{i_j}}{max\left(i_j^1, i_j^2\right)}\right)^{1 + sgn\left(i_j^1 - i_j^2\right) * \overline{i_j}}}, \quad (3)$$

$$i_j = \frac{\overline{i_j} + \overline{I}}{2}, \quad (4)$$

$$i_j^1 = \overline{i_j^1} * \left(1 - \frac{N_{i1}}{N_p}\right), \quad (5)$$

$$i_j^2 = \overline{i_j^2} * \frac{N_{i1}}{N_p}, \quad (6)$$

где N_p – количество пикселей окна;

– если $N_{i1} > 0$ и $i_j^1 = 0$, то $v_j = (i_j)^{1 + \overline{i_j}^{\,1 + \overline{i_j}}}$; (7)

– если $N_{i1} = 0$, то $v_j = (i_j)^{1 - \overline{i_j}^{\,1 - \overline{i_j}}}$. (8)

Если для всех цветовых каналов значение $V \geq 0$, то повышение яркости для данного изображения не выполняется. В случае, когда для какого-то *k*-го цветового канала $V_k \geq 0$, а для остальных цветовых каналов $V < 0$, то с целью сохранения цветового баланса повышение яркости производится для всех цветовых каналов, однако яркость *k*-го цветового канала выходного изображения будет понижена на последнем этапе.

2. Выполняется пропорциональное повышение яркости каждого пикселя выбранного цветового канала, для чего каждое его окно подвергается следующему преобразованию:

$$w_{x,y}^2 = \left(w_{x,y}^1\right)^{p_{x,y}^1}, \quad (9)$$

где $w_{x,y}^1$ и $w_{x,y}^2$ – пиксели с координатами x, y текущего окна входного и выходного изображений для этого шага алгоритма, соответственно; значение $p_{x,y}^1$ вычисляется на основе значений уровня яркости каждого пикселя, статистических характеристик текущего окна и выбранного цветового канала по формулам:

$$p_{x,y}^1 = \left(\frac{\left(1 - w_{x,y}^1\right)^{max\left(p_{x,y}^2, 1 - p_{x,y}^2\right)} + \left(w_{x,y}^1\right)^{max\left(i_{w1}, 1 - i_{w1}\right)}}{2}\right)^{1 + p_{x,y}^3}, \quad (10)$$

$$p_{x,y}^2 = p_{x,y}^3 - min_{p3}, \quad (11)$$

$$p^3_{x,y} = sgn\left(p^4_{x,y}\right) * \left|p^4_{x,y}\right|^{1-p^4_{x,y}} + sgn(V_k) * |V_k|^{1-V_k}, \tag{12}$$

$$p^4_{x,y} = \left(w^1_{x,y}\right)^{1-w^1_{x,y}} - \left(i_{w1}\right)^{1-i_{w1}}, \tag{13}$$

$$i_{w1} = \frac{0,5 + \max_{w1}/2 + \bar{i} + \bar{I}}{4}, \tag{14}$$

где min_{p3}, max_{w1} – минимальное и максимальное значения по матрицам p^3 и w^1, соответственно; $\bar{i}$ и $\bar{I}$ – средние значения по текущему окну выбранного цветового канала входного для этого этапа изображения и выбранному цветовому каналу исходного изображения, соответственно; V_k – автоматизированная оценка уровня яркости выбранного цветового канала, которая была вычислена по формуле (1) на первом шаге алгоритма.

3. Этот этап предназначен для пропорционального изменения яркости всех пикселей каждого окна выбранного цветового канала, которое выполняется следующим образом:

$$w^3_{x,y} = \left(w^2_{x,y}\right)^{\left(1 - sgn\left(p^{aft}_{x,y}\right) * \left|p^{aft}_{x,y}\right|^{1+p^{aft}_{x,y}}\right)}, \tag{15}$$

$$p^{aft}_{x,y} = \bar{I}^{1-\bar{I}} - \left(i_{w2}\right)^{1-i_{w2}}, \tag{16}$$

где i_{w2} вычисляется по формуле (14). В зависимости от статистических характеристик текущего окна его яркость может быть как повышена, так и понижена, что необходимо для корректировки результатов предыдущего этапа.

4. На предпоследнем этапе выполняется изменение яркости для каждого цветового канала исходного для этого шага изображения следующим образом:

$$\text{если } sgn(P_1) < 0, \text{ то } I^2_{x,y} = \left(I^1_{x,y}\right)^{\left(1 - P_1 * (P_1)^{\left(I^1_{x,y} + min(1,1-I)\right)/2}\right)}, \tag{17}$$

$$\text{иначе } I^2_{x,y} = \left(I^1_{x,y}\right)^{\left(1 + P_1 * (P_1)^{\left(\left(I^1_{x,y} + max(1,1-I)\right)/2\right)^{1+\bar{I}-I^1_{x,y}}}\right)}, \tag{18}$$

где $I^1_{x,y}$ и $I^2_{x,y}$ – пиксели с координатами x, y выбранного цветового канала входного и выходного изображений для этого шага алгоритма, соответственно; значение P_1 определяется по формулам:

$$P_1 = |P_2|^{1+P_2}, \tag{19}$$

$$P_2 = 0,5^{1-I} - 0,5^{1-\bar{I}}, \tag{20}$$

где I вычисляется по формуле (2).

На этом шаге, как и на предыдущем, в зависимости от статистических характеристик текущего цветового канала его яркость может быть как повышена, так и понижена. Этот этап предназначен для выполнения окончательной корректировки уровня яркости выбранного цветового канала в целом.

5. Последний шаг выполняется только для цветовых каналов исходного изображения, для которых на первом этапе было получено значение $V \geq 0$. Корректирующее понижение яркости выполняется следующим образом:

$$I^3_{x,y} = \left(I^2_{x,y}\right)^{1+\left(min(P_d,1-P_d)-V^2+V^1\right)/2}, \qquad (21)$$

$$P_d = \frac{min\left(V^1,V^2\right)}{max(V^1,V^2)}, \qquad (22)$$

где V^1 и V^2 – автоматизированные оценки яркости выбранного цветового канала изображений I^1 и I^2, соответственно. Следует отметить, что получаемый в итоге таких преобразований уровень яркости пикселей выбранного цветового канала выходного изображения будет выше, чем у соответствующих пикселей исходного изображения этого же цветового канала.

Метод адаптивного пространственного контрастирования обеспечивает повышение контраста на определенных участках исходного изображения и сохранение уровня интенсивности его высококонтрастных фрагментов, что достигается благодаря использованию степенных преобразований и статистических характеристик как каждого окна, так и каждого цветового канала. Достоинством алгоритма является также автоматизированная оценка уровня контраста, на основе которой принимается решение о необходимости его повышения для каждого цветового канала. Предложенный метод состоит из четырех шагов, которые выполняются над каждым цветовым каналом исходного изображения.

1. На первом шаге производится автоматизированная оценка уровня контраста (C) каждого цветового канала по следующей формуле:

$$C = \sum_{j=1}^{N_w}\left(c_j - \overline{C}\right), \qquad (23)$$

где $\overline{C}$ – среднее по автоматизированным оценкам контраста c_j для каждого окна выбранного цветового канала, количество которых (N_w) зависит как от размера окна, так и от размера изображения (рекомендуется выбирать 3x3 пикселей). При этом положительные значения C указывают на отсутствие необходимости повышения контраста методом адаптивного пространственного контрастирования для выбранного цветового канала. Значение c_j вычисляется следующим образом:

$$\text{если } \Delta\bar{i} \neq 0,\ \Delta\overline{w} \neq 0 \text{ и } \Delta w \neq 0,\ c_j = \frac{\Delta\bar{i} * max\left(\Delta\overline{w}, 1-\Delta\overline{w}\right)}{max\left(\Delta w, 1-\Delta w\right)}; \qquad (24)$$

$$\text{если } \Delta\bar{i} \neq 0,\ \Delta\overline{w} \neq 0 \text{ и } \Delta w = 0, \text{ то } c_j = \frac{\Delta\bar{i}}{max\left(\Delta\overline{w}, 1-\Delta\overline{w}\right)}; \qquad (25)$$

$$\text{если } \Delta\bar{i} \neq 0 \text{ и } \Delta\overline{w} = 0, \text{ то } c_j = \frac{\Delta\bar{i}}{max\left(\Delta w, 1-\Delta w\right)}; \qquad (26)$$

$$\text{если } \Delta\bar{i} = 0,\ \Delta\overline{w} \neq 0 \text{ и } \Delta w \neq 0, \text{ то } c_j = \frac{max\left(\Delta w, 1-\Delta w\right)}{max\left(\Delta\overline{w}, 1-\Delta\overline{w}\right)}; \qquad (27)$$

$$\text{если } \Delta\bar{i} = 0 \text{ и } \Delta\overline{w} = 0, \text{ то } c_j = max\left(\Delta w, 1-\Delta w\right), \qquad (28)$$

причем $\Delta\overline{w}$ – разность между средними по пикселям текущего окна с яркостью, превышающей его среднюю яркость, и ниже его средней яркости; Δw – разность между

максимальным и минимальным значениями уровня яркости в текущем окне; $\Delta\bar{i}$ – разность по модулю между средними значениями по текущему окну и по выбранному цветовому каналу. При этом для повышения уровня цветового соответствия с исходным изображением используется среднее между значениями среднего уровня яркости, оценки уровня контраста для каждого цветового канала и средними по этим значениям по всем цветовым каналам при вычислениях значений $\Delta\bar{i}$ и C, соответственно.

2. На втором шаге каждое окно рассматриваемого цветового канала входного изображения подвергается следующему преобразованию:

$$w_{x,y}^2 = (w_{x,y}^1)^{\left(1-k_{x,y} * w_{x,y}^1\right)}, \tag{29}$$

$$k_{x,y} = 10^{\left(lg\left(\bar{i}^{\,\bar{i}}\right)+w_{x,y}^1-\bar{i}\right)}. \tag{30}$$

В результате выполнения преобразования (29) для каждого пикселя текущего окна происходит сдвиг его уровня яркости к значениям 1 либо 0 в зависимости от коэффициента $k_{x,y}$, который вычисляется для выбранного цветового канала на основе интенсивности пикселя и среднего значения интенсивности окна, что и обеспечивает повышение контраста. Однако возможны ситуации, когда это преобразование приводит к чрезмерному сдвигу интенсивности пикселя.

3. Для компенсации возможного негативного влияния преобразования (29) и предназначен третий шаг, который заключается в применении следующего преобразования к текущему окну выбранного цветового канала изображения:

$$w_{x,y}^3 = \left(w_{x,y}^2\right)^{\left(p_{x,y}^1\right)^{p_{x,y}^1}}, \tag{32}$$

$$p_{x,y}^1 = \left|\left(1-w_{x,y}^2\right)^{\bar{i}} + sgn\left(\bar{i}-0.5*max_{w2}\right)*\left(\bar{i}^{\,\bar{i}}-0.5*max_{w2}\right)\right|, \tag{33}$$

где max_{w2} – максимальное значение яркости в окне w^2.

4. Последний шаг предложенного алгоритма позволяет осуществить управляемую коррекцию интенсивности пикселей каждого цветового канала полученного изображения с использованием статистических характеристик текущего окна и выбранного цветового канала в целом, для осуществления которой текущее окно подвергается такому преобразованию:

$$w_{x,y}^4 = \left(w_{x,y}^3\right)^{\left(\left(1-\bar{I}\right)^{\bar{I}}+P_{add}+\left(\bar{i}\right)^{w_{x,y}^3}\right)}, \tag{34}$$

где P_{add} – выбираемое эмпирически значение (может выбираться на основе автоматизированной оценки яркости), позволяющее управлять уровнем яркости получаемого изображения, причем отрицательные значения приводят к повышению яркости, а положительные – к уменьшению.

Метод адаптивной гистограммной коррекции заключается в расширении диапазона яркости каждого цветового канала изображения, которое основано на использовании его гистограммы, что приводит к повышению контраста, а также обеспечивает некоторое повышение его яркости. Предложенный метод состоит из трех этапов, которые выполняются над каждым цветовым каналом исходного изображения.

1. Если выполняется условие:

$$min_0 \neq max_0, \tag{35}$$

где min_0 и max_0 – значения минимального и максимального уровня яркости текущего окна выбранного цветового канала, то над его гистограммой выполняется преобразование, обеспечивающее пропорциональное повышение яркости всех его пикселей, что также приводит к одновременному повышению контраста:

$$h_j^2 = \left(h_j^1\right)^{1-sgn\left(h_j^1 - i_h\right)*\left(d_j\right)^{\left(h_j^1\right)^{d_j}}}, \qquad (36)$$

где h_j^1, h_j^2 – это элементы вектора уровней интенсивности, содержащихся в гистограмме текущего окна выбранного цветового канала входного и выходного для этого этапа изображений, соответственно; значения d_j и i_h вычисляются по следующим формулам:

$$d_j = \frac{\left|h_j^1 - i_h\right|^{1-\left|h_j^1 - i_h\right|}}{max\left(i_h, 1-i_h\right)^{1-max\left(i_h, 1-i_h\right)}}, \qquad (37)$$

$$i_h = \left(\overline{i_h}\right)^{1-sgn\left(d_1\right)*\left|d_1\right|^{\left(\overline{i_h}\right)^{\left|d_1\right|}}}, \qquad (38)$$

$$d_1 = 0.5^{1-i} - 0.5^{\bar{i}}, \qquad (39)$$

где $\overline{i_h}$ – среднее по вектору h^1, а $i = \left(\bar{i} + 0,5\right)/2$. Если же условие (35) не выполняется, то вектор h^2 формируется следующим образом:

$$h_j^2 = h_j^1 - min_1 + min_0, \qquad (40)$$

где min_1 в случае, когда $min_0 \neq 0$ вычисляется так:

$$min_1 = \left(min_0\right)^{1+\left(d_{min}\right)^{\left(min_0\right)^{d_{min}}}}, \qquad (41)$$

$$d_{min} = \frac{\left|\bar{i} - min_0\right|^{1-\left|\bar{i} - min_0\right|}}{i_{max}}, \qquad (42)$$

$$i_{max} = max\left(\bar{i}, 1-\bar{i}\right)^{1-max\left(\bar{i}, 1-\bar{i}\right)}, \qquad (43)$$

иначе $min_1 = 0$.

2. Для текущего окна выбранного цветового канала входного для этого этапа изображения в случае, когда $r > 1$, где r вычисляется следующим образом:

$$r = \frac{max_1 - min_1}{h_{max}^2 - h_1^2}, \qquad (44)$$

причем h_{max}^2 и h_1^2 – первый и последний элементы вектора h^2, а max_1, в случае, когда $max_0 \neq 1$, вычисляется по следующим формулам:

$$max_1 = \left(max_0\right)^{1-\left(d_{max}\right)^{\left(max_0\right)^{d_{max}}}}, \qquad (45)$$

$$d_{max} = \frac{\left|\bar{i} - max_0\right|^{1-\left|\bar{i} - max_0\right|}}{i_{max}}, \qquad (46)$$

а в противном случае $max_1 = 1$, производится масштабированное расширение гисто-

граммы этого окна:

$$h_j^3 = h_j^2 * r^2 - \frac{h_1^2 * \left(r^2 - 1\right)}{2}, \qquad (47)$$

где h_j^2, h_j^3 – это элементы вектора уровней интенсивности, содержащихся в гистограмме текущего окна выбранного цветового канала входного и выходного для этого этапа изображений, соответственно.

3. Все уровни яркости пикселей текущего окна выбранного цветового канала меняются на соответствующие им уровни яркости, содержащиеся в векторе h^3 (или h^2, если второй шаг был пропущен), в результате чего и формируется выходное изображение.

В данной работе предлагается методика повышения яркости и контраста фотографических изображений, состоящая из следующих этапов.

1. К исходному изображению применяется метод адаптивного повышения яркости (в случае, если его применение не заблокировано принудительно, когда обрабатываются темные изображения, яркость которых не должна повышаться, например, снимки космических объектов и т.п.).

2. Если на первом шаге было выполнено повышение яркости, то выполняются следующие действия.

2.1.1 К изображению, полученному после первого этапа, применяется метод адаптивной гистограммной коррекции.

2.1.2. Для изображения, полученного после предыдущего шага, применяется метод адаптивного пространственного контрастирования. Значения $P_{add} = P_{add}^1$ для каждого цветового канала при этом P_{add}^1 вычисляются по следующим формулам:

$$P_{add}^1 = P_{add}^0 + P_{im}, \qquad (48)$$

$$P_{add}^0 = \sum_{j=1}^{N_w} v_j, \qquad (49)$$

$$P_{im} = I^{1-\bar{I}} - I^{1-I}, \qquad (50)$$

где I вычисляется по формуле (2), а v_j вычисляется по формуле (3) для изображения, полученного в результате выполнения первого шага. Если метод адаптивного пространственного контрастирования не запускается ни для одного из цветовых каналов, то повышение контраста на этом шаге выполняется методом адаптивной гистограммной коррекции.

2.1.3. На последнем этапе происходит формирование выходного изображения путем слияния изображений, полученных в результате выполнения двух предыдущих шагов, осуществляемого следующим образом:

$$I_{x,y}^4 = \left(0.5 - \Delta_1\right) * I_{x,y}^2 + \left(0.5 + \Delta_1\right) * I_{x,y}^3, \qquad (51)$$

причем

$$\Delta_1 = sgn\left(\Delta_2\right) * \left|\Delta_2\right|^{1-\left|\Delta_2\right|}, \qquad (52)$$

если на предыдущем шаге использовался метод адаптивного пространственного контрастирования, иначе

$$\Delta_1 = sgn\left(\Delta_2\right) * \left|\Delta_2\right|^{1-\left|\Delta_2\right|} - sgn\left(P_{im}\right) * \left|P_{im}\right|^{1-\left|P_{im}\right|} - \frac{C}{max_C * 10}, \qquad (53)$$

где $I^{2}_{x,y}$, $I^{3}_{x,y}$ и $I^{4}_{x,y}$ – пиксели с координатами x, y выбранного цветового канала для выходного изображения 2-го, 3-го и 4-го шагов методики, соответственно; Δ_2 – разность средних значений по выбранному цветовому каналу выходных изображений для 2-го и 3-го этапов методики; C – оценка уровня контраста для выбранного цветового канала, выполняемая на 1-м шаге метода адаптивного пространственного контрастирования; max_C – максимальное значение из вектора оценок уровня контраста для всех цветовых каналов.

Если же на первом шаге повышение яркости не осуществлялось, то изображение обрабатывается следующим образом

2.2.1. К исходному изображению применяется метод адаптивного пространственного контрастирования, причем параметр $P_{add} = P^{0}_{add}$.

В случае повышения контраста на предыдущем шаге, если для каждого цветового канала разность между средними значениями по выбранному цветовому каналу для исходного и полученного в результате повышения контраста изображений, соответственно, не отрицательна, то к последнему из них применяется метод адаптивной гистограммной коррекции, в результате чего и формируется выходное изображение. В противном случае выходным становится изображение, полученное в результате выполнения предыдущего шага. Если на предыдущем шаге не выполнялось повышение контраста, то применяется метод адаптивной гистограммной коррекции, но выходное изображение формируется по формулам (51, 52).

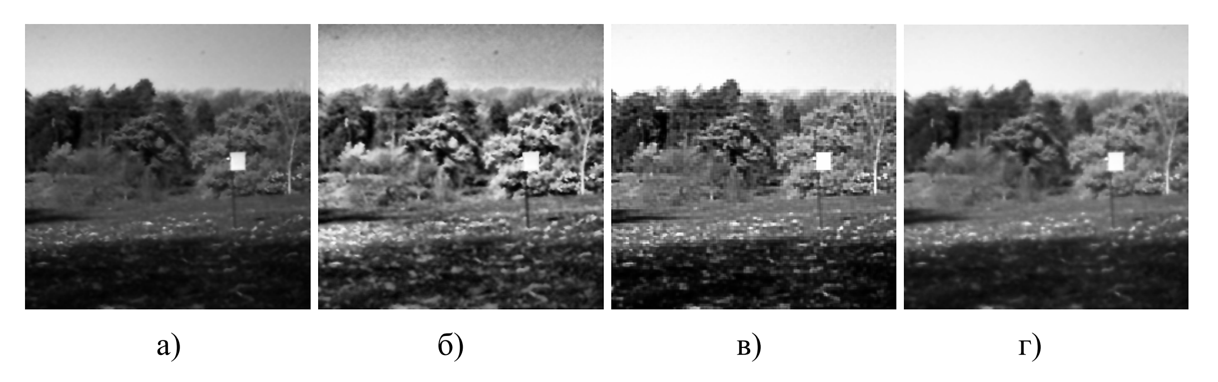
Размерность окон при применении методов адаптивного повышения яркости и адаптивного пространственного контрастирования 3x3 пикселей, а при использовании метода адаптивной гистограммной коррекции – совпадает с размерностью изображения. При применении методов адаптивного повышения яркости и пространственного контрастирования в вышеизложенной методике рекомендуется использовать метод межоконного сглаживания [4], что обеспечивает подавление «граничного» эффекта на стыке между окнами.

Экспериментальные результаты были получены на примере обработки полутонового снимка участка леса (рис. 1 а) и трехдиапазонного (RGB) снимка, полученного в результате дерматоскопии (рис. 2 а). Значение параметра $P^{0}_{add} = -0,15$ при использовании исходной методики автоматизированного повышения яркости и контраста. При применении CLAHE (метода адаптивной эквализации гистограммы) использовались следующие значения управляющих параметров: размер окна 8 × 8 пикселей и равномерная (uniform) функция преобразования гистограммы.

На рис. 1 б) – 1 г) представлены результаты повышения контраста полутонового изображения (рис. 1 а) вышеперечисленными методами. При этом применение метода адаптивной эквализации гистограммы (рис. 1 б) привело к нарушению цветового соответствия по сравнению с исходным изображением. Использование модифицированной методики повышения яркости и контраста (рис. 1 г) позволило обеспечить более точное цветовое соответствие и отсутствие различимых границ на стыке между соседними окнами по сравнению с исходной методикой (рис. 1 г), что особенно заметно в центральной части изображения.

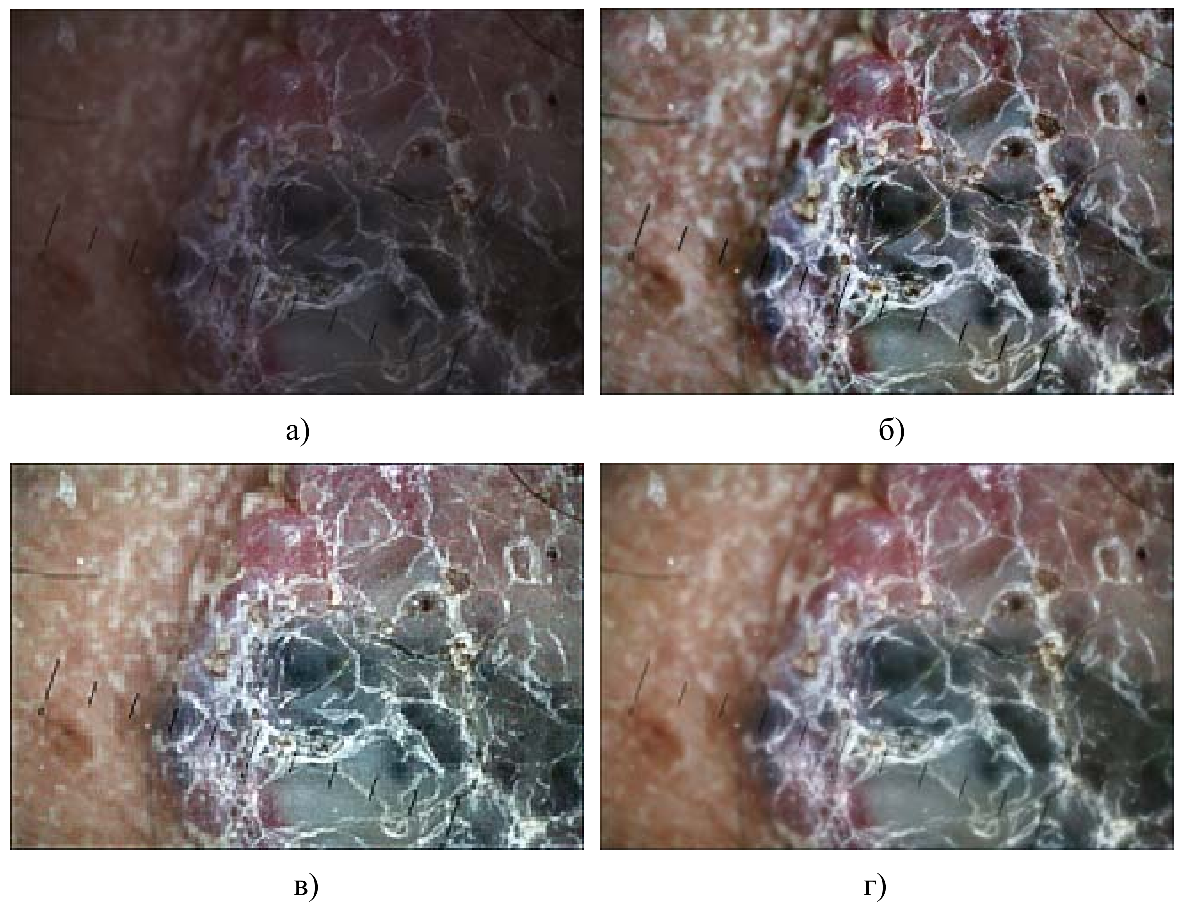
На рис. 2 б) – 2 г) представлены результаты повышения контраста полутонового изображения (рис. 2 а) вышеперечисленными методами. Применение метода адаптивной эквализации гистограммы (рис. 2 б) несколько искажает цвета. Использование

предложенной модифицированной методики (рис. 2 г) в большей степени обеспечивает сохранение цветового соответствия по сравнению с исходной методикой (рис. 2 в). Это позволяет четче выделить область распространения меланомы, по одному из основных признаков – наличию бело-голубых структур [5] (в центральной части снимка), а также приводит к отсутствию различимых границ на стыке между соседними окнами.



а) б) в) г)

Рисунок 1 – а) – исходное полутоновое изображение; повышение его контраста при помощи: б) – метода адаптивной эквализации гистограммы; в) – исходной методики; г) – модифицированной методики



а) б)

в) г)

Рисунок 2 – а) – исходное RGB медицинское изображение; повышение его контраста при помощи: б) – метода адаптивной эквализации гистограммы; в) – исходной методики; г) – модифицированной методики

Выводы

Предложенная в данной работе модифицированная методика автоматизированного повышения яркости и контраста может быть применена как к полутоновым, так и к цветным изображениям различной природы, и позволяет устранить большинство недостатков, присущих оригинальной методике.

1. Изменение вида преобразований позволило повысить цветовое соответствие с исходным изображением при использовании методов адаптивного повышения яркости и адаптивной гистограммной коррекции.
2. Изменение способа вычисления автоматизированной оценки уровня яркости и введение автоматизированной оценки уровня контраста позволило повысить точность определения необходимости срабатывания соответствующих методов.
3. Уменьшение количества управляющих параметров.
4. Подавление граничного эффекта на стыке между соседними окнами при использовании методов адаптивного повышения яркости и адаптивной гистограммной коррекции.

Недостатками модифицированной методики является ее высокая вычислительная сложность и необходимость принудительного запрещения повышения яркости в случаях, когда исходное изображение должно оставаться «темным», например, при обработке астрономических снимков.

Литература

1. Pratt W.K. Digital Image Processing / Pratt W.K. – New York ; Chichester ; Weinheim ; Brisbane : John Wiley and Sons Inc., 2001. – 723 p.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Гонсалес Р., Вудс Р. ; [пер. с англ.; под ред. П.А. Чочиа]. – М. : Техносфера, 2006. – 1070 с.
3. Егоров А.А. Метод адаптивного контрастирования мультиспектральных изображений для повышения достоверности нечеткой кластеризации / Егоров А.А. // Искусственный интеллект. – 2009. – № 3. – С. 506-516.
4. Ахметшина Л.Г. Влияние метода межоконного сглаживания на результаты автоматизированного контрастирования / Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем : міжнародна науково-практична конф. (Дніпропетровськ, 18 – 20 листопада 2009). – С. 22-23.
5. Robert Johr. Dermoscopy The Essentials / Robert Johr, H. Peter Soyer, Giuseppe Argenziano и др. // Mosby, An imprint of Elsevier Ltd, 2004. – 231 p.

А.О. Єгоров, Л.Г. Ахметшина

Підвищення вірогідності кольоропередачі у методиці обробки мультиспектральних зображень

У цій статті запропонована модифікована методика автоматизованого підвищення яскравості та контрасту мультиспектральних зображень, яка, завдяки своїй адаптивності, може бути застосована для обробки широкого спектра знімків та дозволяє зберегти при цьому кольорову відповідність до вхідного зображення. Представлені експериментальні результати застосування запропонованої методики для обробки півтонової фотографії та медичного RGB знімку.

A.A. Egorov, L.G. Akhmetshina,

Enhancement of Color Adjustment Assurance in Multispectral Images Processing

This article deals with modified automated image contrast and intensity enhancement method of multispectral images. It is allowed to process various color and grayscale photos and to save color correspondence to input image. The experimental results of using proposed method for the processing of grayscale photo and medical RGB image are shown.

Статья поступила в редакцию 26.05.2010.